

УДК 621.321

С. А. Ракутько, докт. техн. наук,

А. Е. Пацуков, асп.

Северо-Западный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Россельхозакадемии, Санкт-Петербург - Павловск, Филътровское ш., 3,
Тел. 8-965-768-3323,
E-mail: sergej1964@yandex.ru

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ В СВЕТОКУЛЬТУРЕ

В настоящее время светокультура заняла прочное место в тепличном овощеводстве во многих странах мира. Особенно велика потребность в светокультуре в районах с недостатком естественной освещенности. Широкое применение в светокультуре нашли газоразрядные источники потока оптического излучения (ОИ), например натриевые лампы высокого давления SON-T, ДНаЗ/Reflux, Planta Star и другие источники излучения (ИИ) с оптимизированным для растений спектром излучения и высокой световой отдачей (до 130–150 лм/Вт). Главным недостатком систем досвечивания с их использованием является недостаточная эффективность преобразования электрической энергии в энергию потока ОИ [1].

Проблема повышения энергетической эффективности светокультуры особенно актуальна с появлением на рынке новых светодиодных (СД) источников потока ОИ, позволяющих гибко управлять спектром потока в различные фазы развития растений и имеющих более высокую светоотдачу. Изучению влияния различных частей спектра и режимов досвечивания уделяется достаточно внимания в научных работах, однако нельзя констатировать, что эти вопросы исследованы исчерпывающим образом [2].

В условиях светотехнической лаборатории ГНУ СЗНИИМЭСХ были проведены исследования по оценке сравнительной эффективности применения СД излучателей и натриевых ламп при досвечивании рассады огурца и томата.

Цель исследований – выявить эффективность применения СД излучателей в светокультуре томата и огурца. Контролем служили лампы ДНаЗ супер/Reflux S 400.

Спектры излучения применяемых ИИ измерялись прибором ТКА-ПКМ ВД/04, оценивались по разработанной нами методике [3] и показаны на рисунке 1.

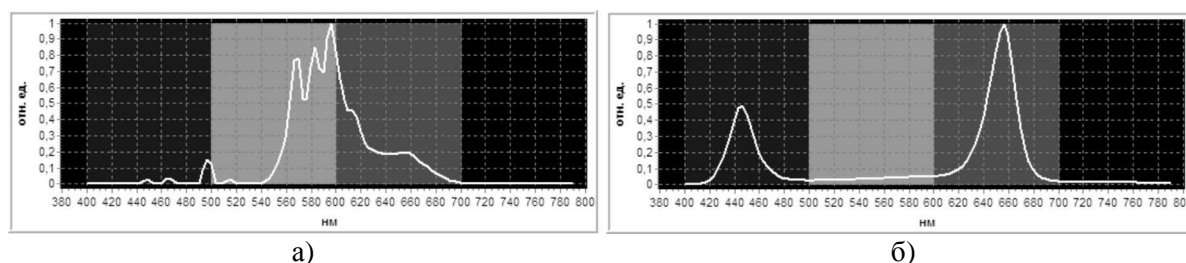


Рис. 1 – Спектры излучения ламп ДНаЗ (а) и СД (б)

Для эксперимента были выбраны партенокарпический гибрид огурца F1 Кураж и детерминантный гибрид томата F1 Благовест, предназначенные для выращивания в

остекленных и пленочных теплицах. Гибриды предъявляют высокие требования к освещенности.

В качестве субстрата использовали верховой торф, нейтрализованный мелом до pH 6,0 и заправленный удобрениями до уровней элементов питания, мг/л: NO_3 – 240, NH_4 – 12, P_2O_5 – 60, K_2O – 300, Ca – 180, Mg – 80, Mn – 0,50, Mo – 0,05, Cu – 0,05.

Сеянцы томата пикировали в стаканчики объемом 663 см³, сеянцы огурца – в стаканчики объемом 412 см³. Расстановку рассады огурца проводили через 14 дней после появления всходов (25 растений на 1 м²). Расстановку рассады томата проводили дважды: после смыкания рядков и за 2 недели до окончания опыта в возрасте 40 дней от посева (25 растений на 1 м²). Подкормку рассады проводили растворами удобрений K_2SO_4 , MgSO_4 , KH_2PO_4 и $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Концентрацию питательного раствора удобрений поддерживали в пределах ЕС 1,8-2,5 мСм/см.

Фенологические учеты и наблюдения за ростом и развитием растений проводили на рассаде томата и рассаде огурца через каждые 3–4 дня. Влажность субстрата в горшочках 75–80% НВ поддерживали дозированным расходом воды температурой 24–25°C. Температуру воздуха в светотехнической комнате поддерживали на уровне 23–25°C с помощью принудительной системы вентилирования воздуха. Интегральная облученность оценивалась по величине освещенности, которая составляла 7–8 кЛк для томатов и 5–6 кЛк для огурцов.

Досвечивание рассады томата F1 Благовест лампами ДНаЗ ускоряло рост растений. Высота 55-и дневной рассады составила 79,35 см, а количество листьев – 12,45 штук на растение, что связано с излишним тепловым излучением лампами ДНаЗ. Начало формирования цветочных кистей отмечали на 48-50-й день после посева и на 53-й день у 100 % растений была сформирована цветочная кисть. Диаметр стебля в среднем составил 6,92 мм, сырая масса одного растения – 53,8 г, содержание сухого вещества – 5,69 %. Под СД излучателями формировались компактные растения томата с мощным, сильно опушенным стеблем, темными с фиолетовыми жилками листьями.

Высота растения 55-и дневной рассады в среднем составила 43,5 см, количество листьев на растении 11 штук, диаметр стебля 8,57 мм, содержание сухого вещества в зеленой массе растения составило 8,8%. На листьях отмечали единичные бурые пятна, однако, в целом это не вызывало инфекционного фона у рассады томатов. У растений на 44-й день после посева полностью сформировалась 1-я кисть над 8-м листом и на 55-й день были сформированы 2-е цветущие кисти. Характеристики рассады томата и огурца при досвечивании представлены в таблицах 1 и 2.

Развитие растений огурца F1 Кураж под лампами ДНаЗ имело вегетативную направленность. Высота растений на 25-й день после всходов в среднем составила 27,8 см, количество листьев – 5,75 штук на растение, диаметр стебля – 6,28 мм. Рост и развитие рассады огурца под СД излучателями имело генеративную направленность, проявляющуюся в приобретении темно-зеленой окраски листьев, утолщении корневой шейки и укороченными междузлиями. Боковые побеги у растений появились на 18-й день после всходов. Показатели веса сырой массы растения 30,25 г и сухого вещества 7,97 % были выше по сравнению с показателями у растений под натриевыми лампами ДНаЗ (24,7 и 6,0) соответственно.

Таблица 1.

Характеристики 55-ти дневной рассады томата при досвечивании лампами ДНаЗ и СД излучателями

Показатели	Среднее арифметическое	Ср. квадр. откл.	Коэффициент вариации, %	Отн. ошибка ср., %
ДНаЗ				
Высота растения, см	79,35±1,21	5,39	6,80	1,52
Количество листьев, шт	12,45±0,15	0,69	5,51	1,23
Диаметр стебля, мм	,92±0,18	0,49	7,08	2,6
Сырая масса растения, г	53,80±1,9	5,02	9,33	3,53
Сухое вещество, %	5,69±0,34	0,58	10,2	5,89
СД излучатели				
Высота растения, см	3,50±0,84	3,73	8,59	1,92
Количество листьев, шт	11,30±0,16	0,73	6,48	1,45
Диаметр стебля, мм	8,57±0,38	1,02	12,60	4,43
Сырая масса растения, г	51,20±1,15	3,05	5,92	2,24
Сухое вещество, %	8,80±0,52	0,89	10,14	5,85

Таблица 2.

Характеристики 25-ти дневной рассады огурца при досвечивании лампами ДНаЗ и СД излучателями

Показатели	Среднее арифметическое	Ср. квадр. откл.	Коэффициент вариации, %	Отн. ошибка ср., %
ДНаЗ				
Высота растения, см	27,85±0,83	3,70	13,3	2,97
Количество листьев, шт	5,75±0,12	0,55	9,57	2,14
Диаметр стебля, мм	6,28±0,18	0,49	7,76	2,93
Сырая масса растения, г	24,70±1,01	2,69	10,80	4,08
Сухое вещество, %	6,00±0,39	0,68	14,36	6,56
СД излучатели				
Высота растения, см	15,40±0,61	2,72	17,68	3,95
Количество листьев, шт	5,75±0,10	0,44	7,73	1,73
Диаметр стебля, мм	8,40±0,30	0,80	9,52	3,57
Сырая масса растения, г	30,25±0,97	2,58	8,52	3,20
Сухое вещество, %	7,97±0,30	0,53	6,59	3,80

На рисунке 2 показана динамика роста растений огурца и томата в зависимости от источника потока ОИ. Интенсивность физиологически активной облученности под лампами ДНаЗ 12,82 и 14,85 Вт/м² была недостаточна и интенсивный рост растений проходил за счет излишнего тепла от ламп.

На рисунке 3 показана рассада томата и огурца при досвечивании лампами ДНаЗ и СД излучателями.

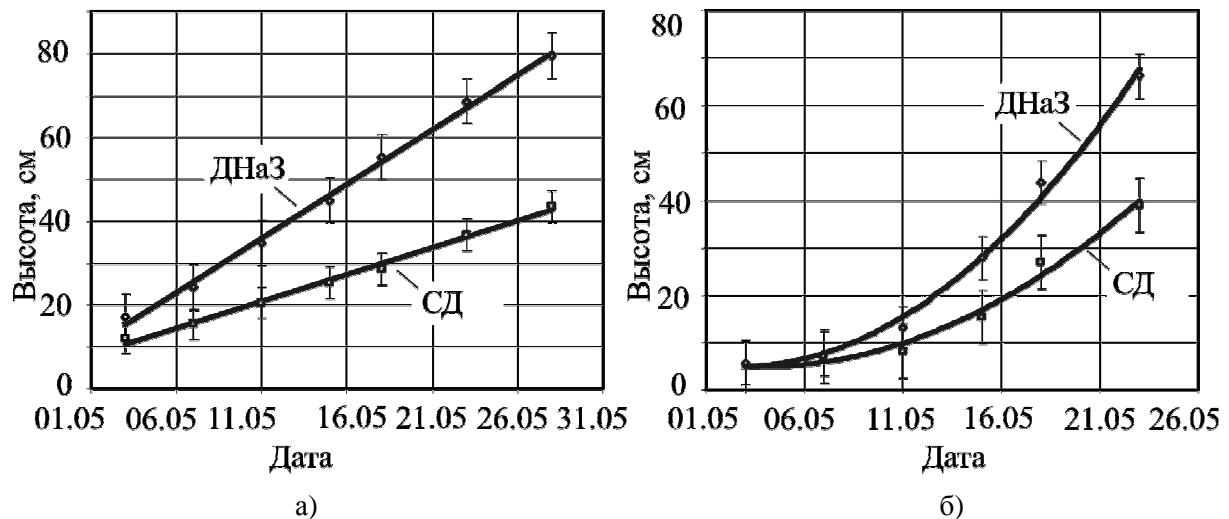


Рис. 2 – Динамика роста рассады томата (а) и огурца (б) при досвечивании лампами ДНаЗ и СД излучателями



а)



б)

Рис. 3 – Рассада томата (а) и огурца (б) при досвечивании лампами ДНаЗ (слева) и СД излучателями (справа)

Интенсивность активной облученности для томата и огурца должна быть не менее $20-25 \text{ Вт/м}^2$ [4]. Под СД излучателями интенсивность активной облученности достигала $40,05 \text{ Вт/м}^2$ и $40,72 \text{ Вт/м}^2$ ФАР, в результате отмечали активное появление боковых побегов у растений огурца и пасынков у растений томата, что связано, вероятно, с цветом света СД излучателей (красным и синим).

По затратам электроэнергии на выращивание рассады огурца и томата большую энергоэффективность показали СД источники, экономия электроэнергии составила 38,8 % и 40,3 % по сравнению с лампами ДНаЗ (табл. 3).

Таблица 3

**Энергетическая оценка способов досвечивания рассады овощных культур
различными источниками потока ОИ**

Показатели	Огурец		Томаты	
	СД	ДНаЗ	СД	ДНаЗ
Удельная мощность под лампами, Вт/м ²	58,0	58,0	70,0	80,0
Продолжительность досвечивания, час/сутки	12,0	12,0	12,0	12,0
Общая продолжительность досвечивания, дней	18,0	18,0	31,0	31,0
Интенсивность физиологически активной облученности растений, Вт/м ²	40,05	12,82	40,72	14,85
Выход сухого вещества, г/м ²	60,27	37,05	112,64	77,04
Удельные затраты электроэнергии, кВт·ч/м ² МДж/м ²	12,5	12,5	26,04	29,76
	45,0	45,0	93,70	107,13
Удельные затраты электроэнергии, МДж/1 г сухого вещества	0,74	1,21	0,83	1,39
Экономия электроэнергии, %	38,8	-	40,3	-

Проведенные исследования свидетельствуют о перспективности использования СД источников излучения в интенсивной светокультуре, однако необходимы дальнейшие исследования по определению оптимальных спектров излучения и режимов облучения для отдельных культур и фаз развития растения.

Литература

1. Светокультура сегодня // Мир теплиц .- 2009.-№6.- С.26-28.
2. Сарычев, Г.С. Продуктивность ценозов огурцов и томатов в функции спектральных характеристик ОСУ / Г.С.Сарычев // Светотехника.-2001.-№2.-С.27-29.
3. Ракутько С.А., Судаченко В.Н., Маркова А.Е. Оценка эффективности применения оптического излучения в светокультуре по величине энергоемкости // Плодоводство и ягодоводство России.- 2012.-№33.-С.270-278.
4. Леман В.М. Курс светокультуры растений. М.: Высшая школа, 270 с.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ВЖИВАННЯ СВІТЛОДІОДНИХ ДЖЕРЕЛ ВИПРОМІНЮВАННЯ В СВІТЛОКУЛЬТУРІ

С. А. Ракутько, А. Е. Пацуков

Представлені результати експериментів за оцінкою порівняльної ефективності вживання СД випромінювачів і натрієвих ламп при вирощуванні розсади огірка і томату. Виявлено, що велику енергоефективність показали СД джерела.

ENERGY EFFICIENCY OF LED LIGHT SOURCES IN PHOTOCULTURE

S. A. Rakutko, A. E. Patsukov

The results of experiments on LED and sodium lamps performance in cucumber and tomato seedlings cultivation are presented, revealing higher energy efficiency of LED lamps.